

**PENINGKATAN KUALITAS AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN
KOAGULAN BIJI KECIPIR (*PSOPHOCARPUS TETRAGONOLOBUS L.*)
DAN ADSORPSI KARBON AKTIF**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh :

MUHAMMAD AJI SAPUTRO

D500140143

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENINGKATAN KUALITAS AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN
KOAGULAN BIJI KECIPIR (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) DAN
ADSORPSI KARBON AKTIF**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

MUHAMMAD AJI SAPUTRO

D500140143

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D
NIK. 664

HALAMAN PENGESAHAN
PENINGKATAN KUALITAS AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN
KOAGULAN BIJI KECIPIR (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) DAN
ADSORPSI KARBON AKTIF

OLEH :
MUHAMMAD AJI SAPUTRO
D500140143

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 24 Agustus 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D
(Ketua Dewan Penguji)
2. Emi Erawati S.T., M.Eng.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Haryanto AR., M.S
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 24 Agustus 2018

Penulis



MUHAMMAD AJI SAPUTRO

D500140143

PENINGKATAN KUALITAS AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN KOAGULAN BIJI KECIPIR (*PSOPHOCARPUS TETRAGONOLOBUS L.*) DAN ADSORPSI KARBON AKTIF

Abstrak

Penelitian ini mengenai penggunaan biji kecipir sebagai koagulan alami, yang berguna untuk mengetahui kemampuan serbuk biji kecipir dalam memperbaiki kualitas air tanah dan pengaruhnya terhadap parameter yang meliputi kesadahan air, kadar Ca^+ dan pH. Metode yang dilakukan yaitu dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan dilanjutkan dengan adsorpsi dengan karbon aktif. Air sampel yang digunakan adalah air sumur dari daerah Mojossongo, Jebres, Surakarta. Hasil uji awal sampel air yaitu kesadahan 700 mg/l, kadar Ca 83,6 mg/l dan pH 7,1. Variabel yang digunakan dalam proses koagulasi yaitu dosis koagulan. Dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan hasil optimum pemberian dosis koagulan yaitu pada dosis 0,5 gram dengan penurunan kesadahan 16,25% (586,25mg/l), penurunan kadar Ca 23,08% (64 mg/l) dan pH sebesar 7,42. Pada proses adsorpsi karbon aktif variabel yang digunakan adalah waktu kontak karbon aktif. Didapatkan hasil optimum pada waktu kontak dengan karbon aktif selama 60 menit dengan penurunan kesadahan 50,75% (288,75mg/l), penurunan kadar Ca 35,00% (41,6%) dan pH 8,3. Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa koagulan biji kecipir dapat menurunkan kesadahan dan kadar Ca namun masih belum memenuhi syarat mutu kualitas air bersih. Pada proses adsorpsi, karbon aktif sangat efektif menurunkan kesadahan, kadar Ca dan menaikkan pH.

Kata Kunci : Koagulasi, Biji Kecipir, Adsorpsi, Karbon aktif, Air tanah.

Abstract

This research was carried out as a biocoagulant, which is useful to determine the ability of winged bean powder to improve soil air quality and its effect on parameters containing water hardness, Ca^+ and pH levels. The method used is coagulation-flocculation, sedimentation and continued with adsorption with activated carbon. The sample water is a groundwater from the Mojossongo area, Jebres, Surakarta. The results of the initial air sample test were 700 mg/l hardness, 83,6 mg/l Ca level and 7,1 pH. Variables used in the coagulation process are coagulant doses. From the research that has been done obtained optimal results with coagulant doses at a dose of 0.5 grams with 16,25% hardness reduction (586,25mg / l), a decrease in Ca levels 23,08% (64 mg/l) and a pH of 7,42. In the process of adsorption of variable activated carbon used is duration contact of activated carbon. The optimum results were obtained at contact time with activated carbon for 60 minutes with 50,75% hardness reduction (288,75 mg/l), a decrease in Ca levels 35,00% (41,6%) and pH 8,3. From the research that has been carried out, it can be concluded that coagulant of winged beans can reduce hardness and levels, but still not necessarily the quality of clean water quality. In the adsorption process, activated carbon is very effective in reducing hardness, Ca levels and increasing pH.

Keyword : Coagulation, Winged Bean, Adsorption, Activated Carbon, Groundwater.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang mutlak, memegang peranan yang penting serta berpengaruh bagi kehidupan, maka air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari harus memenuhi syarat baik kualitas maupun kuantitasnya. Air dilihat dari segi kualitas, maka air yang dikonsumsi masyarakat, diupayakan memenuhi syarat kesehatan, bebas dari mikroorganisme dan bahan beracun atau bahan kimia berbahaya yang dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan masyarakat (Rahman et al. 2013).

Air kotor dan tercemar merupakan penyebab penyakit-penyakit infeksi seperti; Typus abdominalis, Cholera, Diare dan Dysentri baciller. Walaupun bakteri penyebab penyakit infeksi dapat dibunuh dengan memasak air hingga mendidih, tetapi juga terdapat zat berbahaya terutama logam yang dapat menyebabkan keracunan, tidak dapat dihilangkan dengan cara ini (Ramadhani et al. 2013).

Salah satu proses yang dapat dilakukan untuk pengolahan air baku menjadi air bersih adalah proses koagulasi-flokulasi. Koagulasi dan flokulasi merupakan suatu proses penambahan senyawa kimia yang bertujuan untuk membentuk flok atau menggabungkan partikel yang sulit mengendap dengan partikel lainnya sehingga memiliki kecepatan mengendap yang lebih cepat. Flok yang terbentuk akan disisihkan dengan cara sedimentasi. Salah satu cara penjernihan air dilakukan dengan cara koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Untuk koagulasi digunakan koagulan dengan biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) (Hendrawati, Delsy Syamsumarsih 2013).

Proses pengolahan air dengan adsorpsi karbon aktif dapat dilakukan untuk menghilangkan zat-zat yang sukar dihilangkan seperti logam berat, penyebab bau, warna, dan senyawa fenol (Hamzani et al. 2014).

2. METODE

2.1 Kategori dan Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan penggunaan biji kecipir sebagai koagulan alami, yang berguna untuk mengetahui kemampuan serbuk biji kecipir dalam memperbaiki kualitas air tanah dan pengaruhnya terhadap parameter yang meliputi kesadahan air, kadar Ca^{+} dan pH. Metode yang dilakukan yaitu dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan dilanjutkan dengan adsorpsi dengan karbon aktif. Pada penelitian kali ini menggunakan 3 jenis variabel yaitu variabel bebas, variabel tetap, dan variabel tergantung.

A. Variabel Bebas

Pada penelitian ini digunakan variabel bebas berupa dosis koagulan biji kecipir dan variasi ketebalan filter karbon aktif.

- a. Koagulan biji kecipir : 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5 g/L
- b. Waktu kontak karbon aktif : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 menit

B. Variabel Tetap

Pada penelitian ini digunakan variabel tetap berupa kecepatan pengadukan pada saat proses koagulasi flokulasi.

- a. Kecepatan koagulasi : 400 rpm
- b. Kecepatan flokulasi : 100 rpm
- c. Waktu koagulasi : 5 menit
- d. Waktu flokulasi : 10 menit
- e. Waktu sedimentasi : 1 Jam
- f. Kadar karbon aktif : 2 % dari larutan

C. Variabel Tergantung

Kualitas air :

- a. Kadar Ca
- b. Nilai pH
- c. Kesadahan air

2.1 Alat dan Bahan Percobaan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buret 50 ml, erlemeyer 100 ml, gelas ukur 50 ml, gelas beaker 250 ml dan 1000 ml, pipet ukur 2 ml, 5 ml, 10 ml, labu ukur 100 ml, 200 ml, 500 ml, pipet tetes, kertas saring, dan botol 100 ml. Serta bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji kecipir, karbon aktif, indikator *Eriochrome Black T (EBT)*, larutan CaCO_3 , larutan buffer, larutan titriplex III, larutan NaOH dan sampel air tanah.

2.2 Cara Kerja

Pada penelitian ini biji kecipir akan digunakan sebagai koagulan alami yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas air tanah. Hal pertama yang dilakukan adalah menyiapkan bahan baku biji kecipir. Biji kecipir disiapkan, kemudian direndam dalam air selama kurang lebih 12 jam. Ambil biji kecipir yang tenggelam dan keringkan. Setelah itu di grinder dan diayak sehingga ukurannya sama 60 mesh.

Air sampel di uji dulu kesadahannya dengan cara kompleksometri, pHnya dan kadar Ca dalam air. Setelah itu air sampel dilakukan percobaan koagulasi-flokulasi dan

sedimentasi dengan menggunakan koagulan serbuk biji kecipir sesuai variasi yang sudah ditentukan. Kemudian diuji kesadahan, pH dan kadar Ca. Dari hasil tersebut diambil dosis maksimumnya untuk di digunakan pada perlakuan selanjutnya.

Hasil optimum yang didapat dari perlakuan pertama dijadikan sampel dan dilakukan perlakuan kedua yaitu dengan proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Air sampel yang sudah dibuat diberikan perlakuan adsorpsi sesuai variasi waktu kontak dengan karbon aktif yang sudah ditentukan. Kemudian diuji kesadahan, pH dan kadar Ca. Catat hasilnya.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan mengenai penggunaan biji kecipir sebagai koagulan alami, yang berguna untuk mengetahui kemampuan serbuk biji kecipir dalam memperbaiki kualitas air tanah dan pengaruhnya terhadap parameter yang meliputi kesadahan air, kadar Ca^+ dan pH. Metode yang dilakukan yaitu dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan dilanjutkan dengan adsorpsi dengan karbon aktif (Rusdi et al. 2014).

Penelitian ini menggunakan biji kecipir sebagai biokoagulan. Biji kecipir memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yang juga dimiliki oleh biji kelor dan biji kacang babi. Protein yang terkandung dalam biji asam jawa dan biji kecipir inilah yang diharapkan dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kegunaannya mirip dengan koagulan sintetik. Kecipir diharapkan dapat menjadi alternatif biokoagulan (koagulan alami) karena tanaman ini mudah dibudidayakan, pertumbuhannya cepat, dan dapat diremajakan (Hendrawati, Delsy Syamsumarsih 2013).

Air yang digunakan dalam penelitian kali ini berasal dari wilayah Mojosoong, Jebres, Surakarta. Berdasarkan pengujian awal yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta didapatkan hasil kadar kesadahan sebesar 700 mg/l, kadar Ca sebesar 83,6 mg/l dan pH 7,1. Menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, kadar maksimum kesadahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/l. Untuk kadar Ca yang dianjurkan tidak lebih dari 75 mg/l dan kadar pH 6,5-8,5 (Peraturan Menteri Kesehatan RI, 2010).

Penelitian ini melalui beberapa tahap perlakuan yang diberikan. Tahap pertama yaitu dengan cara koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Pada perlakuan ini variabel yang digunakan adalah dosis koagulan biji kecipir yang akan dimasukkan kedalam air sampel. Variasi yang digunakan meliputi penambahan koagulan sebesar 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,25, dan 1,5 gram.

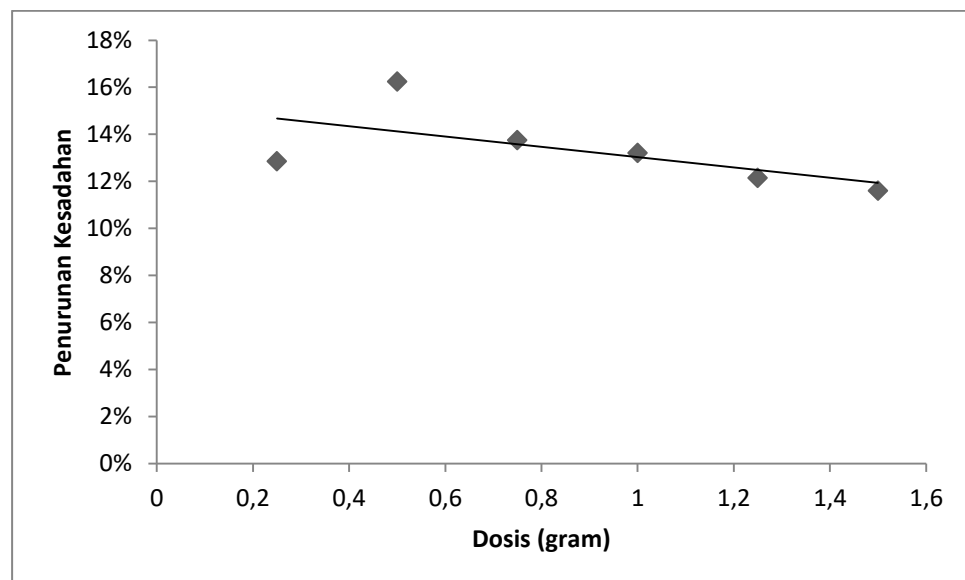
Sebelumnya koagulan yang digunakan berukuran 60 mesh. Koagulasi dilakukan dengan kecepatan 400 rpm dan waktu 5 menit. Flokulasi dilakukan dengan kecepatan 100 rpm dan waktu 10 menit. Sedangkan sedimentasi dengan waktu 1 jam. Berdasarkan variasi yang diberikan akan dilakukan pengujian berupa uji kesadahan, uji kadar Ca dan uji pH. Sehingga didapatkan dosis maksimum pemberian koagulan dalam air.

Pada tahap kedua penelitian ini menggunakan proses adsorpsi dengan menambahkan 2% karbon aktif kedalam air. Variasi yang digunakan adalah lama kontak karbon aktif, sehingga didapatkan lama kontak optimum untuk peningkatan kualitas air. Variasi lama kontak karbon aktif yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, dan 60 menit. Pengujian yang dilakukan sama dengan pengujian pada tahap pertama.

Hasil uji yang dilakukan bisa dilihat pada grafik-grafik dibawah ini.

a. Koagulasi-flokulasi dan sedimentasi

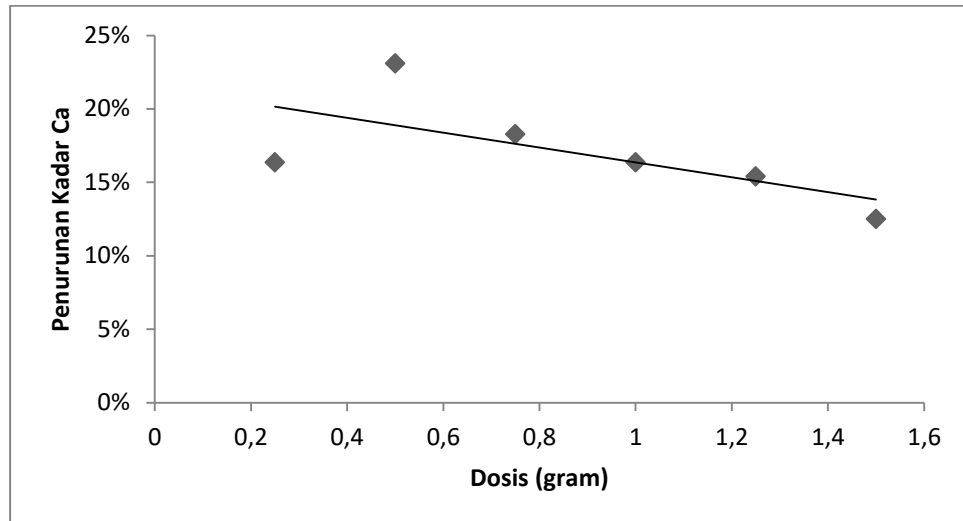
Dari gambar 3.1. tersebut dapat dilihat hubungan antara penambahan dosis koagulan biji kecipir terhadap efektifitas penurunan kesadahan. Pada grafik tersebut menunjukkan dosis optimum penambahan koagulan adalah pada 0,5 gram yaitu dengan 586,25 mg/l. Namun menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, kadar maksimum keasidahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/l.



Gambar 1. Hubungan Antara Pemberian Dosis dengan Penurunan Kesadahan

Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa air hasil proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dapat menurunkan kesadahan namun hasilnya masih belum memenuhi

baku mutu yang telah ditetapkan. Pada pemberian dosis 0,75gram dan seterusnya penurunan kesadadan mengalami penurunan. Hal itu dipengaruhi variabel yang lain seperti kecepatan pengadukan, waktu koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Hal tersebut mempengaruhi pelarutan koagulan dalam air.



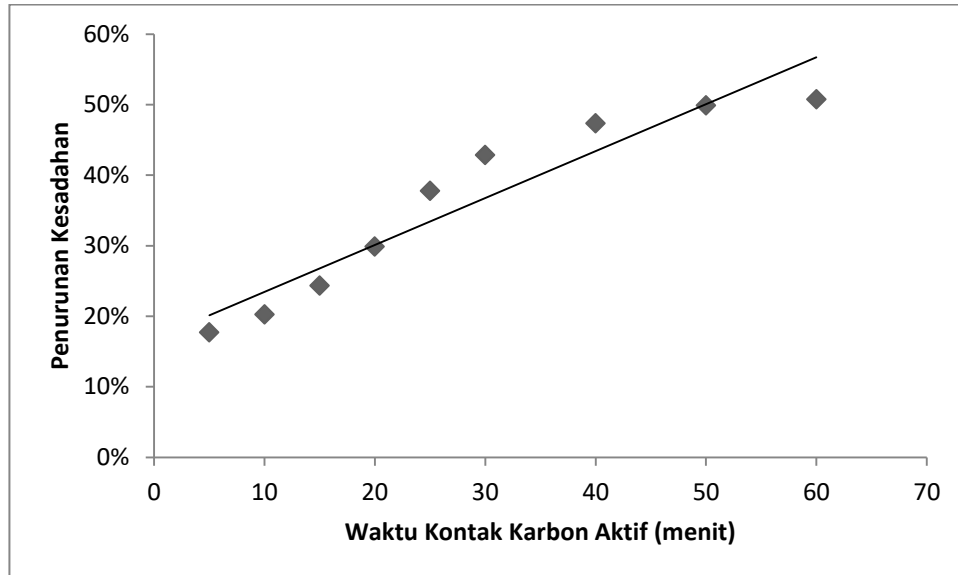
Gambar 1. Hubungan Pemberian Dosis dengan Penurunan Kadar Ca

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat hubungan pemberian dosis koagulan terhadap efektivitas penurunan kadar Ca dalam air. Pada pengujian awal kadar Ca air sampel didapatkan hasil sebesar 83,2 mg/l. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, batas maksimum Ca yang dianjurkan yaitu 75 mg/l dan batas maksimum yang diperbolehkan yaitu 200 mg/l. Dari hasil uji yang sudah dilakukan kadar Ca masih diperbolehkan namun tidak dianjurkan. Berdasarkan variasi yang sudah diberikan pada sampel dapat dilihat penurunan kadar Ca optimum terjadi pada pemberian dosis 0,5 gram dengan kadar Ca 64 mg/l. Sedangkan penurunan kadar Ca minimum terjadi pada pemberian 1,5 gram dengan kadar Ca 72,8 mg/l. Sehingga dapat diambil kesimpulan hasil kadar Ca dalam hasil uji semuanya layak untuk digunakan karena sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Sesuai dengan tabel uji pH pada proses koagulasi-flokulasi dan sendimentasi dapat dilihat pH awal air sampel sebesar 7,11. Setelah dilakukan perlakuan sesuai variasi yang diberikan didapatkan pH maksimum pada pemberian koagulan 1,5 gram sebesar 7,62 dan minimum pada dosis 0,25 gram dengan 7,39. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang

persyaratan kualitas air bersih, batas pH yang dianjurkan adalah antara 6,5 – 8,5. sehingga dapat disimpulkan bahwa pH masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

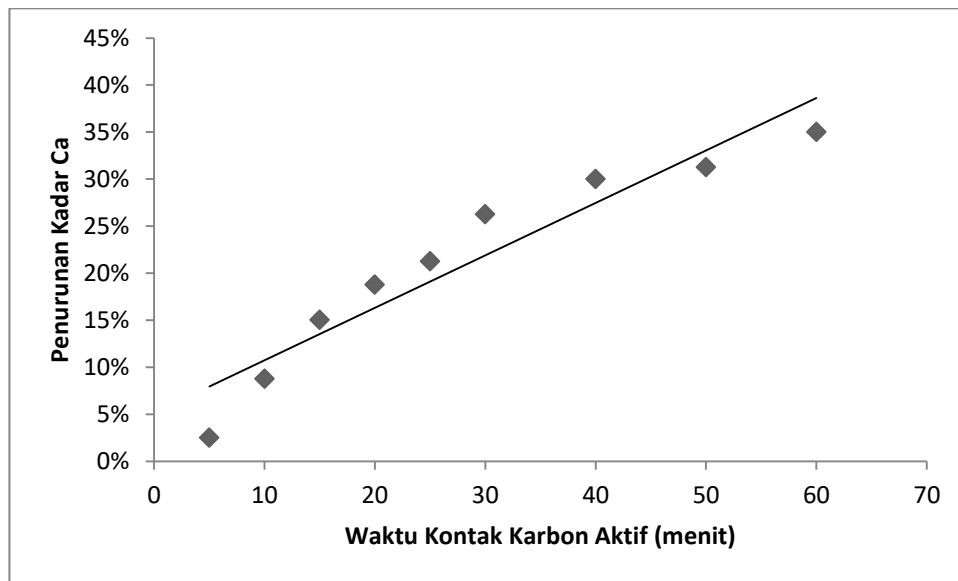
b. Adsorpsi karbon aktif



Gambar 3. Hubungan Waktu Kontak Karbon Aktif dengan Penurunan Kesadahan

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat hubungan waktu kontak karbon aktif dengan efektifitas penurunan kesadahan. Sebelumnya diketahui kesadahan awal yang digunakan adalah kesadahan optimum hasil uji tahap pertama yang didapatkan dosis optimum adalah 0,5 gram dengan kesadahan 586,25 mg/l. Setelah itu di lakukan adsorpsi karbon aktif dengan menggunakan variasi waktu kontak. Karbon aktif ditambahkan 2% dari total air dan variasi yang diberikan yaitu waktu kontak 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, dan 60 menit. Dari hasil pengujian didapatkan hasil penurunan maksimum terjadi pada variasi waktu 60 menit dengan 50,75% yaitu kesadahannya 288,75 mg/l. Sedangkan efektivitas minimum terjadi pada waktu 5 menit dengan 17,70% yaitu kesadahan 482,5 mg/l. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, kadar kesadahan maksimum diperbolehkan adalah sebesar 500 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua hasil proses adsorpsi karbon aktif layak untuk digunakan. Semakin lama kontak karbon aktif dengan air maka semakin tinggi efektivitas penurunan kesadahan. Dilihat dari grafik diatas pada menit ke-5 sampai menit ke-30 penurunan kesadahan meningkat secara signifikan, namun pada menit ke-40 dan seterusnya kenaikan mulai melambat. Hal tersebut dikarenakan penyerapan

kesadahan oleh karbon aktif hampir mencapai titik jenuh hingga pada akhirnya akan konstan.



Gambar 4. Hubungan Waktu Kontak Karbon Aktif dengan Penurunan Kadar Ca

Dari gambar diatas menunjukan hubungan antara waktu kontak karbon aktif dengan efektifitas penurunan kadar Ca. Sebelumnya diketahui kesadahan awal yang digunakan adalah kesadahan optimum hasil uji tahap pertama yang didapatkan dosis optimum adalah 0,5 gram dengan kadar Ca sebesar 64 mg/l. Setelah dilakukan proses adsorpsi karbon aktif didapatkan hasil optimum waktu kontak karbon aktif selama 60 menit dengan kadar Ca 41,6 mg/l dan efektifitas 35,00%. Sedangkan hasil minimum didapat pada waktu kontak 5 menit dengan kadar Ca 62,4 dan efektifitas 2,50%. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, kadar Ca yang dianjurkan maksimum 75 mg/l dan yang diperbolehkan sebesar 200 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil dari proses adsorpsi karbon aktif layak digunakan. Semakin lama waktu kontak air dengan karbon aktif maka semakin tinggi efektifitas penurunan kadar Ca dalam air.

Sesuai dengan tabel uji pH pada proses adsorpsi karbon aktif dapat dilihat pH awal air sampel sebesar 7,42. Setelah dilakukan perlakuan sesuai variasi yang diberikan didapatkan pH tertinggi pada waktu kontak 60 menit sebesar 8,31 dan pH terendah pada waktu kontak selama 5 menit sebesar 8,17. Semakin lama waktu kontak dengan karbon aktif maka pH semakin bertambah. Menurut Peraturan Menteri

Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/VI/2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, batas pH yang dianjurkan adalah antara 6,5 – 8,5. sehingga dapat disimpulkan bahwa pH masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

4 PENUTUP

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- a. Dosis koagulan biji kecipir yang optimum didapat pada dosis 0,5 gram dengan kesadahan 586,25 mg/l dan efektivitas penurunan kesadahan sebesar 16,25%. Kadar Ca sebesar 64 mg/l dan efektivitas penurunan kadar Ca sebesar 23,08%. Serta dengan pH 7,42 .
- b. Waktu kontak karbon aktif yang optimum didapat pada waktu ke 60 menit dengan kesadahan 288,75 mg/l dan efektivitas penurunan kesadahan sebesar 50,75%. Kadar Ca sebesar 41,6 mg/l dan efektivitas penurunan kadar Ca sebesar 35,00%. Serta pH 8,31 .
- c. Air hasil proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi memenuhi kelayakan nilai pH dan kadar Ca namun nilai kesadahan masih tidak memenuhi. Sedangkan hasil proses adsorpsi karbon aktif semua parameter memenuhi persyaratan sesuai yang ditetapkan.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan, kedua orang tua yang telah memberi dukungan moril dan materiil serta doa restu, partner serta teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamzani, S., Suhenry, S. & Pramudyo, I., 2014. FILTRASI KARBON AKTIF TURBIDITY AND COLOR WELL WATER TREATMENT BY USING Moringa oleifera COAGULANT AND. *Jurnal Purifikasi*, 14, pp.65–71.
- Hendrawati, Delsy Syamsumarsih, N., 2013. Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L) Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Valensi* Vol. 3 No. 1, Mei 2013 (23-34). *Valensi*, 3(1), p.34.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010.,Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Rahman, F. et al., 2013. Issn 1978-8096. *STUDI KUALITAS PENGOLAHAN AIR SUMUR POMPA TANGAN DENGAN PEMANFAATAN ABU SEKAM DI DESA JALAN LURUS KABUPATEN HULU SUNGAI UTARA*, 9, pp.54–66.

- Ramadhani, S., Sutanahaji, A.T. & Widiatmono, R., 2013. Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk), Poly Aluminium Chloride (PAC), dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3), pp.186–193.
- Rusdi, Sidi, T.B.P. & Pratama, R., 2014. PENGARUH KONSENTRASI DAN WAKTU PENGENDAPAN BIJI KELOR TERHADAP pH , KEKERUHAN DAN WARNA AIR WADUK KRENCENG Jalan Raya Sudirman Km . 3 Cilegon-Banten. , 5(1), pp.46–50.